

DE 26 37 659 A1

(English Translation of claim 1)

In a pair of toothed gears,

- mating teeth formed to have active profiles perpendicular to the pitch line of said pair which have at least one culmination point substantially removed from said pitch line,
- said profiles of at least one of said pair having a variable-curvature portion with curvature that increases with distance from the pitch surface of said one of said pair,
- one of said active profiles having a convex portion engaging a concave portion on the other of said active profiles,
- said concave portion having a slightly larger radius of curvature at said culmination point than said convex portion,
- the evolute of said variable-curvature portion being tangent to a line passing through said culmination point and the pitch point of said pair at a point adjacent to said pitch point.

DE 698 04 435 T2

The system has a first gear (10) with multiple teeth having a tooth profile with a first transition zone (10a). This zone lies between a first concave portion (10b) lying within the dedendum of gear (10) and a first convex portion (10c) lying within the addendum of the gear.

A meshing gear (12) has multiple teeth with a second tooth profile including a second transition zone (12a). This zone lies between second concave and convex portions (12b, 12c) which also lie within the dedendum and addendum of the gear (12). The concave and convex portions of each gear are conjugate with each other.

Advantage - The gears may be designed so that no meshing teeth contact occurs along the transition zones. As an alternative, the teeth may be designed to have nearly constant contact stresses on meshing teeth.

DE 101 19 235 A1

Novelty - The main body (2) is made of a first plastic; the toothed (3) section (4) of a second. Both plastics are of equivalent composition, excepting that the first includes reinforcing fibers.

Detailed Description - An INDEPENDENT CLAIM is included for the method of manufacture in the form described, both plastics being injection-molded.

Use - To make plastic gear wheels, especially worm pinions used in vehicular steering systems.

Advantage - The product is low in cost yet reliable. It avoids the danger in prior art that the main body can separate from the soft plastic toothed section. It also avoids additional costs of mechanical keying to prevent separation. The design is a judicious combination of strength in the main body resulting from fiber reinforcement, strong bonding between the two plastics because they are the same, and softer teeth which cause less noise.

⑤

Int. Cl.-2:

F 16 H 1/24

F 16 H 55/08

⑯ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

DEUTSCHES



PATENTAMT



DT 26 37 659 A 1

⑪

Offenlegungsschrift 26 37 659

⑫

Aktenzeichen:

P 26 37 659.0

⑬

Anmeldetag:

20. 8. 76

⑭

Offenlegungstag:

10. 3. 77

⑳

Unionspriorität:

③② ③③ ③①

2. 9. 75 USA 609360

⑤④

Bezeichnung:

Verbesserte Getriebe mit hohem Drehmoment

⑦①

Anmelder:

Rouverol, William S., Berkeley, Calif. (V.St.A.)

⑦④

Vertreter:

Reitstötter, J., Prof. Dipl.-Ing. Dipl.-Chem. Dr.phil. Dr.techn.;
Bunte, W., Dr.-Ing.; Kinzebach, W., Dipl.-Chem. Dr. phil.; Pat.-Anwälte,
8000 München

⑦②

Erfinder:

gleich Anmelder

DT 26 37 659 A 1

2637659

PATENTANWÄLTE
PROF. DR. DR. J. REITSTÖTTER
DR.-ING. W. BÜNTE
DR. W. KINZEBACH
D-8 MÜNCHEN 43, BAUERSTR. 22
POSTFACH 780

München, 19. Aug. 1976
M/17204

WILLIAM S. ROUVEROL
1521 Shattuck Avenue, P.O. Box 9122
Berkeley, California 94709, USA

VERBESSERTE GETRIEBE MIT HOHEM DREHMOMENT

ZUSAMMENFASSUNG DER BESCHREIBUNG:

Novikov-Getriebe erhalten ihre außerordentlich hohe Belastbarkeit der Zahnoberfläche durch die Verwendung konkav-konvexer Kreisbogenprofile beinahe derselben Radien, sodaß die Kontaktfläche zwischen ineinandergreifenden Zähnen sehr groß und die Hertz'sche Spannung gering ist. Da die Zentren dieser Bögen sehr nahe beisammen liegen, verursacht eine geringe Abweichung von der Zentrizität gewaltige Veränderungen des Eingriffswinkels, wodurch die Spitzen der konkaven Zähne überbeansprucht werden. Die gegenständliche Erfindung eliminiert dieses Problem, indem Profilkurven verwendet werden, deren Krümmungsradius mit der Entfernung vom Teilkreis zunimmt. Die getrennten Bogenzentren der Novikov-Getriebe werden durch kontinuierliche Evolutenkurven ersetzt, die die Eingriffslinie in der Nähe des Punktes berühren, an dem sie den Teilungspunkt passiert. Dies bedeutet eine viel gleichförmigere Lagerung der Profile bei einer gegebenen Abweichung von der Zentrizität, Verminderung der Oberflächenspannung und Zunahme der Leistungsfähigkeit des Drehmoments.

709810/0791

Dieses Patentansuchen soll die Beschreibungen ergänzen und erweitern, die im U.S. Patentansuchen SerienNr. 529,298 enthalten sind. In diesem Ansuchen wurde ein Novikov-Getriebe beschrieben, dessen Zahnprofile sich aus zusammenpassenden konkaven und konvexen Kurven zusammensetzen, deren Krümmungsradien mit der Entfernung von den Teilkreisen ihrer entsprechenden Zahnräder zunehmen. Kurz nach dem Einreichen dieses Patentansuchens fand der Bewerber, daß durch eine bestimmte Anordnung der Profilkurven eine gleichförmigere Lagerung der Profile und größere Belastbarkeit der Zahnflanken als im Novikov-Getriebe erzielt werden kann, ohne dabei auf den Hauptvorteil der konkav-konvexen Getriebe veränderlicher Radien zu verzichten, nämlich die erhöhte Toleranz gegenüber Abweichungen von der Zentrizität.

Ziel dieser Erfindung ist es daher, eine neue Art eines konkav-konvexen Getriebes zu liefern, dessen Leistungsfähigkeit des Drehmoments größer als das des Novikov-Getriebes und das weniger empfindlich gegenüber Abweichungen von der Zentrizität ist.

Die Methoden, diese und andere Ziele und Vorteile der Erfindung zu erreichen, sind aus den folgenden Zeichnungen und Beschreibungen ersichtlich.

Abb. 1 zeigt eine Kurve, deren Krümmungsradius mit der Entfernung vom Ursprung abnimmt, zusammen mit ihrer Evolute.

Abb. 2 zeigt eine Kurve wie in Abb. 1 in den Positionen in der Stirnfläche, die die konvexen und konkaven Profile eines Getriebepaares bestimmen.

Abb. 3 zeigt Abschnitte derselben Kurven, die in einem Getriebepaar für Stirnflächenprofile konkaver und konvexer Zähne verwendet werden.

Abb. 4 zeigt das Stirnflächenprofil eines Getriebeszahnes mit konvexen und konkaven Abschnitten.

Ausführlich und auf die Abbildungen bezogen zeigt Abb. 1 eine der zahlreichen Kurvenformen, die für die in dieser Erfindung behandelten Getriebezähne verwendbar sind. Alle einfach gekrümmten Linien mit Ausnahme des Kreises und einer geraden Linie haben Abschnitte, an denen der Krümmungsradius abnimmt. Die Evoluten (Orte der Krümmungszentren) all dieser Linien sind in Abschnitten, an denen die Krümmung abnimmt, kontinuierlich. Bei einer graphischen Darstellung sehen die Kurven und deren Evoluten mehr oder minder so aus wie die Kurve 11 und ihre Evolute 12 (Abb. 1).

Die besondere, in Abb. 1 gezeigte Kurve 11 ist eine sogenannte "Eisenbahnübergangsspirale" und hat die allgemeine Gleichung

$$r = C/s^m \quad (1)$$

wobei r der Krümmungsradius, C eine Konstante, s die Entfernung entlang der Kurve vom Ursprung und m ein Exponent größer als Null ist. Bei den meisten Anwendungen wird m als Einheit angenommen, um die Berechnung der Zahnbelastung zu vereinfachen. In diesem Fall gilt

$$r = C/s \quad (2)$$

Abb. 2 zeigt eine Kurve wie in Abb. 1; sie ist durch Gleichung 2 bestimmt und in zwei Positionen oder

"aufeinanderfolgenden Stellungen" 11 und 11' dargestellt.

Sie berührt einen Punkt C, ihre Ursprünge liegen in O bzw. O'. Die Position 11 der Kurve wurde hinsichtlich einer fixen Linie 13 um einige Grade weiter gedreht als die andere, 11'. Da der Abstand s entlang der Kurve von C bis O etwas größer ist als von C bis O', ist aus Gleichung 2 ersichtlich, daß der Krümmungsradius für Position 11' etwas größer ist als für Position 11. Folglich wird die Entfernung vom Punkt C zum Berührungspunkt V für die Evolute 12' der Position 11' etwas größer sein als die Entfernung zum entsprechenden Punkt X für die Evolute 12 der Position 11.

Abb. 3 zeigt die Verwendung von Abschnitten der Kurvenpositionen 11 und 11' für die konvexen und konkaven Zahnprofile eines Getriebepaares. Abgebildet sind ein Ritzel 31 und ein Zahnrad 32, an der Mittellinie 33 montiert, die Teilkreise 34 bzw. 35, die den Teilungspunkt P berühren. Damit die Zähne 36 und 37 ohne Störung eingreifen, sollten die Krümmungszentren X und V des Punktes C auf den Spuren 11 bzw. 11' in der Nähe des Teilungspunktes P liegen. Die Linie CP wird dann die Eingriffslinie sein, und die Evoluten 12 und 12' werden sie berühren. Gewöhnlich ist X tatsächlich bei P und V etwas außerhalb angeordnet, wie in der Abbildung dargestellt. Die Entfernung PV ist direkt proportional der zulässigen Beanspruchung des Zahnmaterials, und die Winkel, um den die y- und y'-Achsen in Abb. 2 relativ zur fixen Linie 13 gedreht werden, sind indirekt proportional der Anzahl der Zähne am Ritzel 31.

Der Punkt C wird "Kulminationspunkt" genannt, da der Zahndruck ein Maximum beträgt und von diesem Punkt in

Radial- und Achsialrichtung abfällt. In dem hier beschriebenen Getriebe ist die Position des Kulminationspunktes durch Abweichungen von der Zentrizität viel weniger betroffen, als dies beim Novikov-Getriebe der Fall ist. In diesem sind die Zahnprofile Kreisbögen, und wenn die Entfernung zwischen diesen Bogenzentren (XV in Abb. 2 und 3) gering ist, wird eine geringe Zunahme des Achsenabstandes bewirken, daß die Linie zwischen diesen Bogenzentren, die den Eingriffswinkel kontrolliert, drastisch verkürzt wird. Dadurch wird der Kulminationspunkt auf die Spitze des konkaven Zahnes verlagert, der Betrieb wird lärmend und die Zähne brechen.

Die gegenständliche Erfindung löst dieses Problem, indem die getrennten Bogenzentren des Novikov-Getriebes durch kontinuierlich gekrümmte Evoluten (12 und 12') ersetzt werden. Wenn sie durch Abweichungen von der Zentrizität verlagert werden, rotiert die Eingriffslinie, die diese beiden Evoluten berührt, nur wenig, und die Lage des Kulminationspunktes ändert sich nur sehr wenig. Das bedeutet, daß Materialien mit begrenzter zulässiger Beanspruchung (z.B. ungehärtete Stähle) ohne die gleichförmige Lagerung verwendet werden können, die nötig ist, um die volle Zahnausnutzung zu sichern, wodurch übergenaue Forderungen hinsichtlich der Toleranz gegenüber Abweichungen von der Zentrizität eingeführt werden.

Ein weiteres Charakteristikum der hier beschriebenen Profilanordnung, das für Getriebekonstrukteure von größter Bedeutung ist, betrifft die Tatsache, daß zusammenpassende Profile aufgrund der Gleichung 2 trotz verschiedener Krümmungsradien während der gesamten Längen der Stirnprofile einen konstanten relativen Krümmungsradius haben, wie dies

bei Kreisbogen der Fall ist. Dies bestätigt der Austausch der Gleichung 2 gegen einen allgemeinen Ausdruck für relativen Krümmungsradius R , der lautet

$$R = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} \quad (3)$$

wobei sich die Indizes 1 und 2 auf die Ritzel- bzw. Zahnprofile beziehen und r_2 konkav und daher negativ ist. Unter Verwendung der Gleichung 2 für diesen Ausdruck ergibt sich

$$R = \frac{C}{s_1 - s_2} \quad (4)$$

Für alle Punkte auf den konvexen und konkaven Profilen, die einander gegenüber liegen, werden sich die Bogenentfernungen s_1 und s_2 um einen beinahe konstanten Wert voneinander unterscheiden, nämlich um die Entfernung O bis O' in Abb. 2. Da C eine Konstante ist, muß auch der relative Krümmungsradius R konstant sein. Dies ist insofern bedeutend, als die einzigen Gleichungen, die zur Berechnung der Berührungsbeanspruchung zwischen ineinandergreifenden Zähnen verwendet werden können, nämlich die Hertzschen Gleichungen, nur anwendbar sind, wenn der relative Krümmungsradius zwischen aufeinandertreffenden Oberflächen konstant ist.

Die Erfindung ist für alle Formen von Getrieben mit parallelen, einander überschneidenden und schiefwinkligen oder gekreuzten Achsen anwendbar, bei denen eine erhöhte Leistungsfähigkeit des Drehmoments angestrebt wird. Im Idealfall sollten die Zähne schrauben- oder spiralförmig sein mit wenigstens einem überlappenden Zahn, um die Kontinuität des Betriebes zu garantieren, obwohl auch

Stirnräder geeignet sind, wenn die Zahl der Zähne auf dem Ritzel groß ist.

Aus Abb. 4 wird offenkundig, daß die Erfindung auch auf konkav-konvexe Zähne angewendet werden kann, deren Krümmung in entgegengesetzten Richtungen auf gegenüberliegenden Seiten der Teilungsfläche liegt. Die Anordnung der Profilevoluten 41 und 42 ist hinsichtlich des Teilungspunktes dieselbe wie im Fall der Ganzkopfzahnformen in Abb. 3, es gibt jedoch eigene Evoluten 41 und 42 für die Abschnitte der Profilkurven 43 und 44 auf gegenüberliegenden Seiten der Teilungsflächen und eigene Kulminationspunkte C_1 und C_2 für jede dieser Profilpositionen.

Das Gegenprofil in Abb. 4 wurde der Einfachheit halber weggelassen; es ist jedoch zu verstehen, daß es in der Abb. 3 beschriebenen Weise gebildet wird, sodaß, wenn der Punkt P_1 (an dem die Eingriffslinie C_1P_1 den Teilkreis 45 schneidet) im Teilungspunkt liegt, C_1 der Kulminationspunkt ist; und daß, wenn sich das Profil etwas weiter dreht, der Punkt P_2 (an dem die Eingriffslinie C_2P_2 den Teilkreis 45 durchschneidet) im Teilungspunkt liegt, während C_2 zum Kulminationspunkt wird (siehe U.S. Patent Nr. 529,298). Daher gibt es einen Kulminationspunkt C_1 , der erreicht wird, bevor das Profil den Teilungspunkt erreicht, und einen zweiten Kulminationspunkt C_2 , der erreicht wird, nachdem das Profil am Teilungspunkt vorbeigegangen ist (siehe Abb. 3). Es ist zu bemerken, daß die Profilkrümmungszentren V und X in den Kulminationspunkten C_1 und C_2 so gelegen sind, daß sie an den Teilungspunkt angrenzen, sobald diese Kulminationspunkte erreicht werden. (Der Ausdruck "angrenzen" wird anstelle von "bei" verwendet, da der Krümmungsradius

in einem Kulminationspunkt für den konkaven Profilabschnitt etwas größer sein sollte als für das konvexe Gegenstück; siehe Abb. 3).

In diesen geneigten Profilanordnungen wird der Rotationswert der Kurvenpositionen 11 und 11' viel geringer sein als der in Abb. 2 für die Ganz-Zahnkopfhöhenanordnung der Abb. 3. Dadurch ist es möglich, daß die Profilursprünge 0 und 0' in Abb. 2 nahe der Teilungsflächen gelegen sind, sodaß Profilkurven entsprechend der Gleichung 1 einen Umkehrpunkt haben können, an dem der Krümmungsradius unendlich wird, weil s am Ursprung gleich null wird. Hinsichtlich der Oberflächenspannungen ist das recht vorteilhaft. In diesen Anordnungen haben die beiden Evoluten 41 und 42 die gemeinsame Asymptote 46.

In allgemeinen sollte die relative Drehung der Profilkurvenpositionen 11 und 11' genügen, um einen relativen Krümmungsradius am Kulminationspunkt zu erreichen, sodaß, wenn die Zahnräder voll belastet sind, die Kontaktflächen im wesentlichen die Kopfkreisoberflächen beider Zahnräder berühren. Dadurch kann die Leistungsfähigkeit des Drehmoments der Zahnräder mit ziemlicher Genauigkeit berechnet werden, und die Zahnspitzen werden weder unausgelastet noch überlastet sein.

In den folgenden Ansprüchen wird der Ausdruck "Teilkreis" in derselben Weise verwendet wie von allen Zahnradherstellern; nämlich um damit die Berührungslinie zwischen den Teilungsflächen der zusammengehörigen Zahnräder zu bezeichnen. Es sei vermerkt, daß die falsche Definition in Webster's New International Dictionary (Zweite Auflage) gegenübersteht. Der Ausdruck "Kulminationsposition"

bedeutet die Stellung, die die Zahngegenflanken einnehmen,
wenn sie in einem Kulminationspunkt in Berührung stehen.

ICH BEANSPRUCHE:

①. In einem Zahnradpaar,

zusammenpassende Zähne sind so geformt, daß ihre aktiven Profile senkrecht zum Teilkreis des genannten Paares angeordnet sind und zumindest einen Kulminationspunkt haben, der vom genannten Teilkreis um ein wesentliches entfernt ist;

die genannten Profile wenigstens eines des genannten Paares haben einen Abschnitt variabler Krümmung, die mit der Entfernung von der Teilungsfläche des genannten einen des genannten Paares zunimmt;

eines der genannten aktiven Profile hat einen konvexen Abschnitt, der in einen konkaven Abschnitt des anderen genannten aktiven Profils eingreift;

der genannte konkave Abschnitt hat im genannten Kulminationspunkt einen etwas größeren Krümmungsradius als der genannte konvexe Abschnitt;

die Evolute des genannten Abschnittes variabler Krümmung berührt eine Linie, die durch den genannten Kulminationspunkt und den Teilungspunkt des genannten Paares in einem in der Nähe des genannten Teilungspunktes liegenden Punkt geht

2. Ein Zahnradpaar gemäß Anspruch 1, wobei sich die genannten Zähne in einem ausreichenden Winkel hinsichtlich der genannten Teilkreises über die Ränder der genannten Zahnräder erstrecken, um zu erreichen, daß wenigstens ein Zahn in der Spruweite des genannten Paares überlappend ist.

3. Ein Zahnradpaar gemäß Anspruch 1, wobei der relative Krümmungsradius für Punkte auf den genannten Profilen bei gleichen Entfernungen vom genannten Kulminationspunkt im

wesentlich konstant ist.

4. Ein Zahnradpaar gemäß Anspruch 1, wobei der genannte Abschnitt variabler Krümmung eine Kurve der Form $r_1 = C/s^m$ enthält, wobei r der Krümmungsradius, s die Entfernung entlang der Kurve vom Ursprung, m ein Exponent größer als Null und C eine Konstante ist.

5. Ein Zahnradpaar gemäß Anspruch 4, wobei der genannte Exponent gleich eins ist.

6. Ein Zahnradpaar gemäß Anspruch 4, wobei die beiden genannten Profile des genannten Paares einen Abschnitt variabler Krümmung aufweisen.

7. Ein Zahnradpaar gemäß Anspruch 6, wobei der genannte Abschnitt variabler Krümmung der beiden genannten Profile des genannten Paares eine Kurve der beiden genannten Form enthält.

8. Ein Zahnradpaar gemäß Anspruch 7, wobei der Wert der genannten Konstante C und des genannten Exponenten m für die beiden genannten Profile gleich ist; die genannte Kurve bestimmt das genannte konvexe Profil, das hinsichtlich einer Ebene, die die Achsen des genannten Paares enthält, um einen größeren Winkel gedreht wird als die genannte Kurve, die das genannte konkave Profil bestimmt.

9. Ein Zahnradpaar gemäß Anspruch 8, wobei der genannte Exponent m gleich eins ist.

10. Ein Zahnradpaar gemäß Anspruch 1, wobei die genannten Profile im genannten Kulminationspunkt einen relativen Krümmungsradius haben, der zwischen den zusammengehörigen Zähnen Kontaktflächen erzeugt, die die Kopfkreisoberflächen der genannten Zahne berühren, wenn die genannten Zahnräder das maximale zulässige Drehmoment übertragen.

11. Ein Zahnradpaar gemäß Anspruch 1, wobei sich die genannten Profile auf gegenüberliegende Seiten der Teilungsflächen des genannten Paares erstrecken und auf gegenüberliegenden Seiten der genannten Teilungsflächen entgegengesetzt gekrümmt sind.

12. Ein Zahnradpaar gemäß Anspruch 11, wobei die genannten Profile zwei Kulminationspunkte haben, einen auf jeder Seite der Ebene, die die Achsen des genannten Paares enthält.

13. Ein Zahnradpaar gemäß Anspruch 12, wobei die genannten Profilabschnitte, die sich auf gegenüberliegende Seiten der Teilungsflächen eines jeden des genannten Paares erstrecken, eine kontinuierlich gekrümmte Evolute haben, die eine Linie berührt, die durch die beiden genannten Kulminationspunkte und den Teilungspunkt des genannten Paares in einem in der Nähe des genannten Teilungspunktes gelegenen Punkt geht, wenn jede der genannten Profilabschnitte in Kulminationslage ist.

14. Ein Zahnradpaar gemäß Anspruch 13, wobei die genannten Profilabschnitte in einem Punkt mit unendlichem Krümmungsradius aufeinandertreffen; die genannten Evoluten haben eine gemeinsame Asymptote.

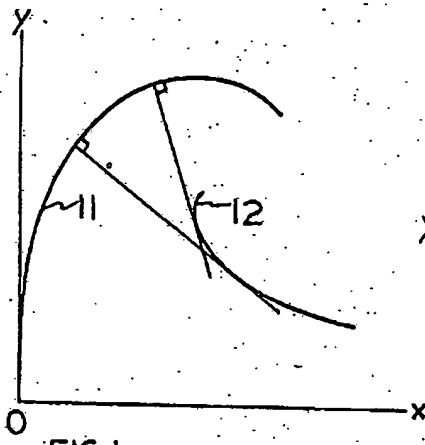


FIG 1

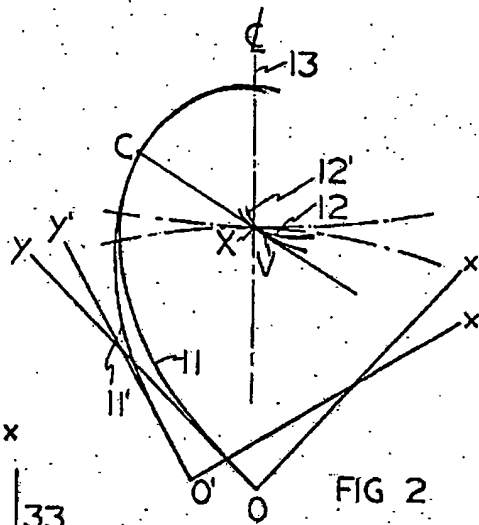


FIG 2

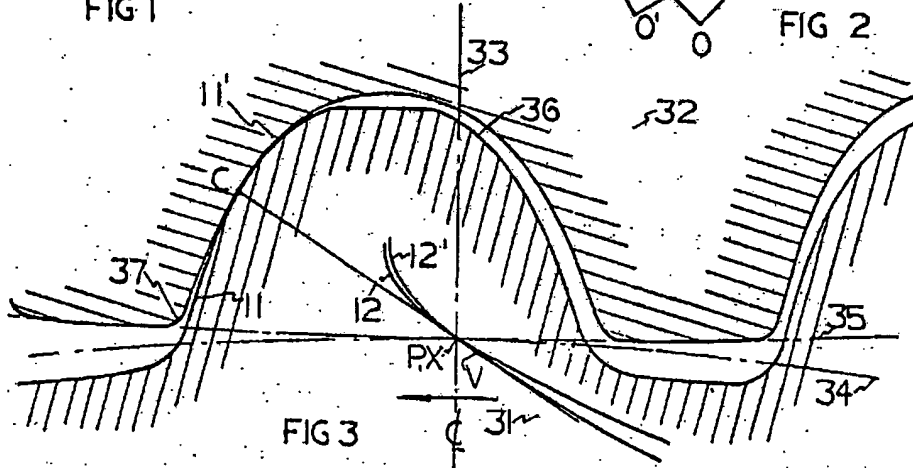


FIG 3

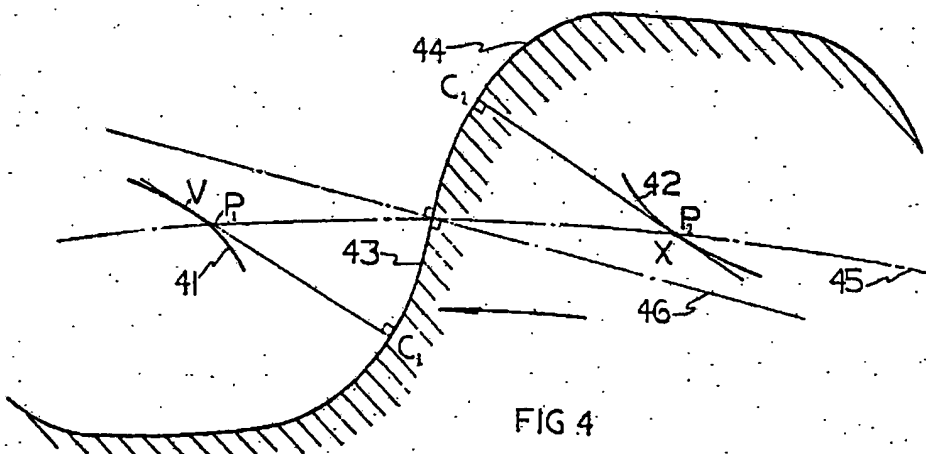


FIG 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.